

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 18 MAY 2001

WIPO PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:**

100 19 508.3

**BEST AVAILABLE COPY**

**Anmeldetag:**

19. April 2000

**Anmelder/Inhaber:**

Rieter Automatik GmbH,  
Großostheim/DE

**Bezeichnung:**

Verfahren und Vorrichtung zur Vertropfung von  
Vorprodukten thermoplastischer Polyester oder  
Copolyester

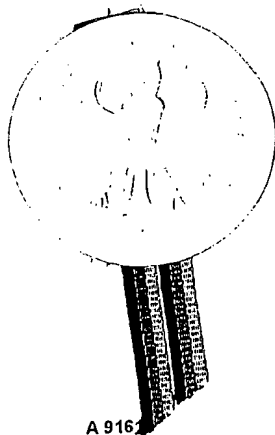
**IPC:**

C 08 J, C 08 G, B 29 B

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 29. März 2001  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

Dr. J. J. J.



A 916  
06/00  
EDV-L

11.07.05.01

Rieter Automatik GmbH  
R 33636

München, 19. April 2000  
BD/Gt/pl

5           **Verfahren und Vorrichtung zur Vertropfung von Vorprodukten**  
              **thermoplastischer Polyester oder Copolyester**

10           Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Vertropfung von Vorprodukten  
thermoplastischer Polyester oder Copolyester als schmelzflüssiges Monomer,  
Oligomer, Monomer-Glycol-Gemisch oder nach einer teilweisen  
Polykondensation und Erschmelzung zu einem schmelzflüssigen Vorprodukt,  
wobei das vertropfte Vorprodukt in ein gasförmiges Medium eingebracht wird,  
und eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens.

15           Aus der Druckschrift US 4,436,782 ist ein Verfahren zur Granulierung und  
Weiterbehandlung eines Polyethylenterephthalats (PET genannt) zu Pellets  
bekannt, wobei ein bei Temperaturen zwischen 260 und 280 °C gebildetes  
flüssiges Oligomer mit einer Viskositätszahl (bzw. intrinsischen Viskosität)  
zwischen 0,08 und 0,15 durch Düsen derart gepreßt wird, daß Tropfen  
20           entstehen, die durch einen Kühlbereich Inertgasatmosphäre in ein Wasserbad  
fallen, um die Tropfen zu amorphen Pellets erstarren zu lassen. Aus dieser  
Druckschrift ist auch bekannt, daß anstelle eines Wasserbades eine Trommel  
oder ein Transportband die Tropfen auffangen kann, um sie zu amorphen  
Pellets kühlen und erstarren zu lassen.

25           Das Verfahren hat den Nachteil, daß in der vorgesehenen Flüssigkeit, nämlich  
Wasser, bzw. auf dem vorgesehenen Transportband ein Erstarren von schwach  
polykondensierten Polyester wie dem Polyethylenterephthalat, amorphe Pellets  
als Vorprodukte entstehen, die erst durch einen weiteren energetisch und  
30           wirtschaftlich aufwendigen Schritt in kristalline Vorprodukte umgesetzt  
werden müssen. Da diese Vorprodukte beim Umsetzen in kristalline

Vorprodukte und in höher polymere Substanzen eine klebrige Phase durchlaufen, kann die weitere Behandlung und Polykondensation der Pellets nur in aufwendig konstruierten Wirbelschichtöfen vorgenommen werden, um ein Verkleben der Pellets beim Durchkristallisieren und weiterem Polykondensieren zu verhindern.

Unterschiedliche Granuliertverfahren, um aus amorphen Polyesterpellets kristalline Pellets herzustellen, sind aus US-PS 5,540,868 bekannt. Dazu muß das amorphe Polyestervorprodukt auf Temperaturen über 70 °C erhitzt werden, um den Kristallisationsprozeß auszulösen. Doch hat amorphes Polyester bei Temperaturen über 70 °C den Nachteil, daß es eine klebrige Oberfläche aufweist. Um ein Verkleben oder Verklumpen des amorphen Polyesters bei Kristallisationstemperaturen über 70 °C zu verhindern, muß das Vorprodukt als Granulat vorliegen und kann dann in einem Wirbelbettreaktor durch entsprechende Heißgasströme in Bewegung gehalten werden, bis in einem mehrstündigen Prozeß zumindest die Oberfläche soweit auskristallisiert ist, daß ein Verkleben der Vorprodukte ausgeschlossen ist.

Während amorphes Polyester transparent ist, ist die kristalline Phase eines Vorproduktes eines Polyesters oder Copolyesters an der weißen Einfärbung deutlich zu erkennen. Üblicherweise wird zur Überwindung der Klebrigkeit von amorphem Polymer der Kristallisationsvorgang der Vorprodukte mit der weiteren verstärkten Polykondensation, die üblicherweise zwischen 200 und 230 °C in einem Wirbelbettreaktor durchgeführt wird, verbunden. Dazu wird der Reaktor derart gefahren, daß zunächst zur Überwindung der Klebrigkeit eine Kristallisation bei einer optimalen Kristallisationstemperatur bei ungefähr 150 °C für mehrere Stunden gefahren wird und danach die Pellets oder Granulate für weitere Stunden zu höheren Kettenlängen bei Temperaturen zwischen 200 und 230 °C kondensiert werden.

Aus der gleichen obigen Druckschrift (US 5,540,868) ist bekannt, daß die Kristallisation von Pellets auch durch einen Thermoschock ausgelöst werden, indem heiße Pellets auf eine kalte Oberfläche prasseln oder umgekehrt kalte amorphe Pellets auf eine heiße Oberfläche prasseln. Eine derartige Schockkristallisation hat den Nachteil, daß die Reproduktion äußerst schwierig ist, da die Temperaturen einer heißen Platte zwischen 300 und 800 °C in Abhängigkeit von der Verweildauer der Pellets auf der Platte variieren. Bei Verwendung von Rotationsplatten wird im Temperaturbereich zwischen 30 und 200 °C gearbeitet, was wiederum von der Verweildauer der Pellets auf den heißen Rotationsplatten abhängig ist. Neben den rein thermischen Problemen, die sich bei einem derartigen Verfahren zur Kristallisation der Pellets einstellen, sind auch erhebliche mechanische Probleme zu überwinden.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Vertropfung von Vorprodukten thermoplastischer Polyester und Copolyester entsprechend dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und des Anspruchs 14 anzugeben, welche die Nachteile im Stand der Technik überwindet, eine Verfahrensverkürzung herkömmlicher Granulierverfahren bewirkt und auf bisher bekannten Verfahrensschritten und Vorrichtungen aufbaut, um zumindest oberflächenkristallisierte vertropfte Vorprodukte in Form von Monomeren, Oligomeren, Monomer-Glycol-Gemischen oder von teilweise polykondensierten Materialien herzustellen.

Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen des Gegenstands der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Dazu wird erfindungsgemäß das Vorprodukt in ein gasförmiges Medium eingebracht, wobei das gasförmige Medium nach dem Eintritt des vertropften Vorprodukts in das gasförmige Medium den Kristallisationsvorgang des Vorproduktes beschleunigt und den Kristallisationszustand des Vorproduktes

beschleunigt herbeiführt, indem es das vertropfte Vorprodukt auf einer Temperatur über 100 °C und unter seinem Schmelzpunkt für einen begrenzten Zeitraum hält, bis eine Kristallisation des Tropfens in der Oberfläche des Vorprodukts abgeschlossen ist.

5

Diese Lösung hat den Vorteil, daß durch Einsetzen dieses gasförmigen Mediums das tropfenförmige Vorprodukt auf einer Temperatur über 100 °C und unter seinem Schmelzpunkt gehalten wird, und zwar für eine begrenzte Zeit, so daß sich Kristallisationskeime in Form von Defekten aufgrund der hohen Oberflächentemperatur von über 100 °C bilden, die mit zunehmender Abgabe der Schmelzwärme des Tropfens von oberflächennahen Keimen eine Kristallisation der Oberfläche in dem begrenzten Zeitraum bewirken, so daß das tropfenförmige Vorprodukt als Kugeln mit vorkristallisierter und damit nichtklebender Oberfläche nach dem Durchlaufen einer Fallstrecke aufgefangen werden können, ohne zu verkleben, und somit für eine unmittelbare Weiterbehandlung zu hochpolymerem Polykondensat eingesetzt werden können. Dadurch wird vorteilhaft die lange herkömmliche Vorbereitungsphase in einem Wirbelbettreaktor vermieden, in dem, wie oben erwähnt, zunächst der amorphe Zustand der Pellets über eine klebrige Phase in den Pellets innerhalb mehrerer Stunden zu überwinden ist.

10  
15  
20

In einer bevorzugten Durchführung des Verfahrens ist das gasförmige Medium Luft. Die Luft kann für einige Arten der Monomere, der Oligomere oder der teilweise polykondensierten Vorprodukte durch ihren Sauerstoffanteil zur Bildung von Kristallkeimen beitragen, jedoch muß für viele der Polykondensate und deren Monomere beim Vertropfen eine sauerstoffarme Atmosphäre zur Verfügung gestellt werden, da insbesondere bei niedrigviskosem PET eine oxidative Schädigung während des Kristallisationsvorgangs auftreten kann. In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird deshalb für eine sauerstoffarme Atmosphäre gesorgt, so daß derartige Schädigungen nicht auftreten.

25  
30

In einer weiteren bevorzugten Durchführung des Verfahrens wird als gasförmiges Medium ein Inertgas eingesetzt. Ein Inertgas wird dann erforderlich, wenn Vorprodukte von Polyestern oder Copolyestern vertropft werden, die besonders empfindlich auf verschiedene Gasatmosphären reagieren, so daß hier die Kristallisationskeime lediglich durch die Beibehaltung einer hohen Temperatur, nämlich über 100 °C erzeugt werden, indem daß als Kristallisationskeime an der Oberfläche der Tropfen eine ausreichende Dichte von Leerstellen und thermisch bedingten Defekten erzeugt wird.

Als weiteres gasförmiges Medium kann in vorteilhafter Weise Stickstoff eingesetzt werden, der Stickstoff bei vielen der zu vertropfenden Vorprodukte keine chemischen Reaktionen zeigt und somit eine quasi inerte Umgebung liefert und somit lediglich die hohe Temperatur des gasförmigen Mediums Stickstoff für die Bildung von Kristallisationskeimen sorgt.

Das gasförmige Medium wird vorzugsweise im Gegenstrom zu einer Fallstrecke des vertropften Vorproduktes geführt und erwärmt sich beim Aufsteigen des Gases entlang der Fallstrecke, so daß dafür gesorgt wird, daß das vertropfte Vorprodukt für einen begrenzten Zeitraum, nämlich während es die Fallstrecke entgegen dem gasförmigen Medium, durchläuft eine Temperatur über 100 °C beibehält. Da der Schmelztropfen selbst über 200 °C heiß ist, erwärmt er das entgegenströmende Gas und heizt dieses auf, so daß bei einer Kreisprozeßführung des Gases das aufgeheizte Gas der Fallstrecke wieder zugeführt werden kann und eventuell dem aufgeheizten Gas Energie entzogen werden muß, um den begrenzten Zeitraum für eine Temperatur über 100 °C für das vertropfte Vorprodukt nicht unnötig zu vergrößern, während zu Beginn des Vertropfungsvorgangs das gasförmige Medium aufzuheizen ist, um es temperiert zur Verfügung zu stellen.

Zum Erzeugen des Gegenstromes wird das gasförmige Medium in die Fallstrecke des vertropften Vorproduktes vorzugsweise am untersten Niveau der Fallstrecke eingeführt und vorher temperiert. Die Temperierung erfolgt dabei vorzugsweise mittels Wärmetauscher, der das gasförmige Medium je nach Bedarf kühlt oder aufheizt, so daß es mit einer gleichbleibenden Temperatur als Gegenstrom in die Fallstrecke des vertropften Vorproduktes eingeführt werden kann.

Die Einführtemperatur ist dabei auf größer gleich 30 °C und kleiner gleich 120 °C geregelt, vorzugsweise werden Temperaturen größer gleich 40 °C und kleiner gleich 100 °C eingehalten. Diese teilweise niedrigen Einlauftemperaturen sorgen dafür, daß für einen begrenzten Zeitraum die vertropften Vorprodukte auf einer Temperatur über 100 °C während des Durchlaufens der Fallstrecke gehalten werden.

Die Vorprodukte werden in einer weiteren Ausführungsform der Erfindung schmelzflüssig durch Schwingungsanregung vertropft. Dabei liegen die Schwingungsanregungen bei einer Frequenz zwischen 30 und 1.000 Hz, vorzugsweise zwischen 50 und 400 Hz. Dabei kann ein Durchsatz von 5.000 bis 30.000 kg/h erreicht werden. Dieser Durchsatz kann durch eine flächige Verteilung von Düsen auf einer Düsenkopfplatte noch wesentlich erhöht werden. Dazu wird dem Düsenkopf in einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens das Vorprodukt mit einer intrinsischen Viskosität im Bereich zwischen 0,05 bis 0,3 dl/g zugeführt. Bei vorgegebenem Düsendurchmesser nimmt der Tropfendurchmesser mit zunehmender Viskosität zu und mit zunehmender Frequenz ab. Insofern ist der Durchmesser der Tropfen bei einer schwingungsangeregten Vertropfung relativ genau über die Schmelzentemperatur (Einstellung der intrinsischen Viskosität) und die Schwingfrequenz einstellbar.

Der Schmelzpunkt eines PET-Monomers liegt bei 230 bis 240 °C und ist damit niedriger als bei dem endgültigen PET-Polymer. Der Erstarrungspunkt des vertropften Vorproduktes kann mit ungefähr 200 °C angenommen werden, so daß nach dem Auftritt des Tropfens aus der Düse und einer kurzen Fallstrecke bis zum Erreichen des Erstarrungspunktes von etwa 200 °C zunächst keine Kristallisation eintritt und in der weiteren Abkühlphase des Tropfens zunächst an der Oberfläche Kristallkeime gebildet werden, solange die Tropfen über 100 °C gehalten werden, wobei die Kristallkeime im wesentlichen aus Defekten und Leerstellen entstehen. Von den Kristallkeimen geht dann eine Kristallisation der Tropfenoberfläche aus, die schließlich dafür sorgt, daß der Tropfen am Ende der Fallstrecke keine klebrigen Eigenschaften mehr besitzt, wie das bei amorphen Pellets über 70 °C der Fall sein würde. Für diese Kristallisationsphase bei einem gasförmigen Gegenstrom, in der der Tropfen des Vorproduktes über 100 °C gehalten wird, hat sich eine Fallhöhe von 8 bis 15 m, je nach Durchmesser des Tropfens, bewährt. Somit ist ein wesentlicher Parameter des Verfahrens die Reproduzierbarkeit und die Gleichmäßigkeit der Tropfendurchmesser.

In einer bevorzugten Durchführung des Verfahrens wird das Vorprodukt zu Tropfen vertropft, deren Durchmesser zu mehr als 80 Gew.-% im Bereich des doppelten Düsendurchmessers liegt, und ein Durchmesser unterhalb des Düsendurchmessers zu weniger als 3 Gew.-% und ein Durchmesser größer als dem Dreifachen des Düsendurchmessers zu weniger als 10 Gew.-% des vertropften Vorproduktes auftritt. Mit dieser hohen Gleichförmigkeit der Vertropfung der schwingungsangeregten Schmelze eines Vorproduktes eines Polyesters oder Copolyesters sind die Vorteile einer gleichmäßigen Kristallisation, einer gleichförmigen Abkühlung und einer erreichbaren geringen Adhäsionsneigung der Tropfen verbunden.

Diese enge Kugelgrößenteilung liefert auch einen geringen Staubanteil, der bei dem erfindungsgemäßen Verfahren bei weniger als 1 % liegt, womit der



Vorteil einer verminderten elektrostatischen Aufladung, einer geringeren Menge an Ausschuß und einer verminderten Explosionsgefahr verbunden ist. Schließlich wird bei der Weiterverarbeitung in der Festkörper-Polykondensation (SSP genannt) ein enges Korngrößenspektrum, wie es mit dem erfindungsgemäßen Verfahren möglich ist, für eine gleichmäßigere Polykondensation sorgen. Eine Kugelgröße von ca. 0,5 bis 2 mm Durchmesser beschleunigt deutlich die Kondensation von Wasser und Glycol bei der Weiterbehandlung im Zuge der Festkörperpolykondensation. Dabei ist eine Kugelgröße von 1 bis 10 mg eine deutliche Verbesserung gegenüber den bisher eingesetzten Granulatgrößen, die wesentlich darüber liegen.

Schließlich ist es von besonderem Vorteil, wenn als Vorprodukt ein vorkristallisierter Monomertropfen eingesetzt werden kann, da bei der nachfolgenden Weiterverarbeitung weniger unerwünschte Zwischen- oder Spaltprodukte entstehen, als bei den herkömmlichen Verarbeitungsverfahren.

Eine Vorrichtung zur Durchführung des Vertropfungsverfahrens weist folgende Merkmale auf:

einen Düsenkopf, der durch Schwingungsanregung der Schmelze tropfenförmige Pellets aus dem Vorprodukt bildet,

einen Fallturm, in dem das vertropfte Vorprodukt im Gegenstrom eines gasförmigen Mediums temperiert wird,

einen Wärmetauscher, der im Bodenbereich des Fallturms angeordnet ist und das gasförmige Medium aufheizt oder kühlt, um es auf gleichmäßig hohe Einstromtemperatur zu regeln,

ein Gebläse, welches das gasförmige Medium im Fallturm auf eine vorgegebene Strömungsgeschwindigkeit beschleunigt, und

eine Rückföhrleitung, die das gasförmige Medium nach Verlassen des Fallturms zum Wärmetauscher zurückföhrf.

5 Diese Anlage hat einerseits den Vorteil einer relativ gleichförmigen Vertropfung des schmelzflüssigen Vorprodukts durch Schwingungsanregung, andererseits den Vorteil des relativ einfachen Aufbaus, der lediglich eine ausreichende Fallstrecke in einem Fallturm zur Verfügung stellt, um eine begrenzte Verweilzeit des vertropften Vorprodukts in einer Temperatur über  
10 100 °C zu gewährleisten, wobei die Wärmeenergie, die von dem vertropften Vorprodukt an das entgegenströmende Gas abgegeben wird, genutzt wird, um energiesparend wiederverwendet zu werden. Durch die Länge der Fallstrecke und die Vorwärm- oder Temperiertemperatur des eingeföhrten gasförmigen Mediums kann die Verweilzeit über den kritischen 100 °C in der Fallstrecke  
15 des Fallturms eingestellt werden. Insgesamt bestimmen Schwingungsfrequenz der Vertropfungseinrichtung, Düsendurchmesser des Düsenkopfes, Viskosität und damit Temperatur des Vorproduktes im Düsenkopf und Temperierung des gasförmigen Mediums den Durchmesser und den Kristallisationsfortschritt des vertropften Vorprodukts. Der Grad der Kristallisation kann grob über die  
20 milchige Trübung der Tropfung bestimmt werden, so daß auch hier eine verläßliche Stichprobenüberprüfung der Funktionsweise der Vorrichtung und des Verfahrens durchföhrbar ist.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Vorrichtung zur Durchführung des  
25 Verfahrens weist der Düsenkopf Düsenöffnungen auf, die eine Vertropfung in vertikaler Richtung sichern. Durch die vertikale Vertropfung entsteht im Gegensatz zu einer Sprühdüse die Möglichkeit, die Fallstrecke der Tropfen völlig parallel ohne Wandberöhrung durch den Fallturm der Anlage zu föhren und nach der vorgegebenen Fallstrecke, die einer Kristallisationszeit entspricht,  
30 das Granulat oder die kugelförmigen Tropfen klebefrei in einem Trichter aufzufangen und am Boden des Fallturms herauszuföhren.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird mittels des Wärmetauschers die Temperatur des gasförmigen Mediums auf eine Einführtemperatur von größer gleich  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  und kleiner gleich  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , vorzugsweise größer gleich  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  und kleiner gleich  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  geregelt. Dazu durchfließt den Wärmetauscher ein Wärmetauscherfluid in einem getrennt geregelten und temperaturstabilisierten Kreislauf, so daß der Wärmetauscher das im Kreis geführte gasförmige Medium automatisch kühlt bei Überschreitung der Einführtemperatur und automatisch erwärmt oder erhitzt bei Unterschreiten der eingestellten Einführtemperatur bzw. der Temperatur des Wärmetauscherfluids.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird eine Strömungsgeschwindigkeit von  $0,3$  bis  $1\text{ m/s}$  des gasförmigen Mediums in dem Fallturm über ein Gebläse eingestellt. Das Gebläse kann im Bodenbereich vor oder hinter dem Wärmetauscher angeordnet sein und als Druckgebläse den Gegenstrom des gasförmigen Mediums im Fallturm erzeugen oder es kann als Sauggebläse ausgebildet sein und nach der Austrittsöffnung für gasförmiges Medium der Anlage im Bereich des Vertopfungsraumes rund um den Düsenkopf positioniert sein.

Die Fallstrecke im Fallturm ist in einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung  $10$  bis  $20\text{ m}$  lang, vorzugsweise  $12$  bis  $15\text{ m}$ , so daß eine begrenzte Zeitspanne einer optimalen Kristallisationszeit von  $2,5$  bis  $3,5\text{ s}$  eingehalten werden kann.

### Beispiel 1

Ein Monomer-Glycol-Gemisch eines Polyethylenterephthalats mit einer Viskositätszahl bzw. einer intrinsischen Viskosität von  $0,2$  wird mit einer Temperatur von ungefähr  $260\text{ }^{\circ}\text{C}$  durch einen Düsenkopf zum Vertropfen und

Schmelzen ausgetragen, der Düsendurchmesser beträgt dabei jeweils 0,75 mm,  
 so daß die austretende Schmelze des Vorproduktes eines Polyesters durch  
 Schwingungsanregung zu Tropfen mit einem Durchmesser von etwa 1,5 mm  
 vertropft wird. Diese im wesentlichen kugelförmigen Tropfen durchlaufen eine  
 5 Fallstrecke von ca. 15 m, bei der sie mittels eines sauerstoffarmen gasförmigen  
 Mediums auf einer Temperatur über 100 °C gehalten werden. Während dieser  
 begrenzten Fallzeit von ca. 3 s durch die begrenzte Fallstrecke bilden sich an  
 der Oberfläche der Tropfen Kristallisationskeime und kristallisieren die  
 Oberfläche derart, daß kein klebriger amorpher Zustand beim Durchlaufen von  
 10 Temperaturen unter 100 °C auftritt. Auf der Fallstrecke des Fallturms von einer  
 Höhe von etwa 15 m kühlt das auf der Oberfläche kristallisierte Granulat auf  
 eine Weiterverarbeitungstemperatur von etwa 70 °C ab und wird in einem  
 Trichter am Boden der Fallstrecke gesammelt. Eine DSC-Messung (bzw.  
 Dynamic Scanning Calometry) ergibt einen Oberflächenkristallisationsgrad  
 15 von 100 % für die entstandenen kugelförmigen Granulate, die im Mittel einen  
 Durchmesser von 1,5 mm aufweisen, wobei über 80 % des getropften  
 Vorproduktes im Bereich des doppelten Düsendurchmessers liegen und  
 weniger als 3 Gew.-% unter dem Durchmesser des Düsendurchmessers fallen  
 und weniger als 10 Gew.-% über dem Dreifachen des Düsendurchmessers  
 20 liegen. Mit dieser engen Kugelgrößenverteilung von weniger als 3 % der  
 Kugeln mit einem Durchmesser kleiner als die Düsenbohrung und weniger als  
 10 % der Kugeln mit einem Durchmesser größer als dem dreifachen  
 Düsenbohrungsdurchmesser wird vorteilhaft eine gleichmäßige  
 Materialqualität durch gleichmäßige Abkühlbedingungen und eine  
 25 gleichmäßige Materialqualität durch gleichmäßige Kristallisationsbedingungen  
 erreicht, woraus eine gleichmäßige und geringe Adhäsionsneigung der  
 vertropften Kugeln resultiert. Weiterhin hat diese geringe und enge  
 Kugelgrößenverteilung den Vorteil einer gleichmäßigen Materialqualität bei  
 der nachfolgenden Weiterverarbeitung. Bei der Polykondensation im festen  
 30 Zustand, dem sogenannten SSP-Vorgang, herrschen gleichmäßige  
 Bedingungen, und somit wird ein Material erreicht mit einem relativ

homogenen Molekulargewicht der Polykondensationsketten. Außerdem gewährleistet diese enge Kugelgrößenverteilung einen äußerst geringen Anteil an Fein- oder Staubmaterial, der unter 1 % liegt, so daß weniger Ausschluß entsteht und eine geringe elektrostatische Aufladung im Bereich des Fallturms auftritt, so daß der Bereich des Fallturms vor einer Staubexplosion geschützt ist.

### Beispiel 2

Bei einem Vertropfen eines Polyestervorproduktes mit einer intrinsischen Viskosität, die den Wert von 0,15 unterschreitet, kann die Fallzeit zum oberflächlichen Kristallisieren in dem Fallturm des Ausführungsbeispiels nicht ausreichen, so daß Tropfen aus einer Schmelze mit niedrigen Viskosität eventuell klebrig bleiben und damit den Auffangtrichter verstopfen. In diesem Fall werden im Vertropfungsbereich die Tropfen mit feinen Polyesterpartikeln in der Oberfläche bedeckt, um einerseits den Kristallisationsvorgang durch entsprechende Kristallisationskeime zu beschleunigen und andererseits das Material beim Auftreffen auf einen Auffangtrichter nach Durchlaufen des Fallturms vor einem Verkleben zu schützen. Mit diesem Ausführungsbeispiel ist es möglich, niederviskose Vorprodukte von Polyestern und Copolyestern selbst bei kürzeren Fallstrecken im vertropften Zustand vor einem Verkleben zu schützen. Die Zuführung mit feinen Polyesterpartikeln kann in einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung mit der Eintrittsöffnung für gasförmiges Medium im Gegenstrom vom Bodenbereich des Fallturms aus zugeführt werden und die Polyesterpartikel können, soweit sie nicht für die Beschichtung der Tropfen erforderlich sind, über die Austrittsöffnung für gasförmiges Medium aus der Anlage ausgetragen werden, so daß gewährleistet ist, daß sich kein explosives Staubgemisch im Fallturm anreichert.

Die Erfindung wird nun anhand der Figur 1 näher erläutert.

Figur 1 zeigt eine Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens zur  
 Vertropfung von Vorprodukten thermoplastischer Polyester oder Copolyester.  
 Die Vorrichtung weist dazu einen Düsenkopf 1 auf, der durch  
 5 Schwingungsanregung der Schmelze 2 durch einen Schwingungsgenerator 14  
 tropfenförmige Pellets 3 aus dem Vorprodukt bildet. Das Vorprodukt wird als  
 Schmelze 2 eines Monomers, eines Oligomers, einen Monomer-Glycol-  
 Gemisches oder eines teilweise polykondensierten Vorproduktes über die  
 Schmelzeinrichtung 15 dem Düsenkopf 1 zugeführt. Die Vertropfungseinheit  
 10 19, die im obersten Bereich der Anlage angebracht ist, der im folgenden  
 Kopfbereich 20 genannt wird, ist mit diesen Hilfseinrichtungen in der Lage,  
 eine niedrig-viskose Schmelze dem Düsenkopf 1 über die Schmelzleitung 21  
 zuzuführen und über die senkrecht nach unten gerichteten Düsenöffnungen 8  
 vertikal zu vertropfen.

15 Die Vorrichtung weist darüber hinaus einen Fallturm 4 auf, der unterhalb des  
 Kopfbereiches angebracht ist und der eine Länge von 10 bis 20 m aufweist und  
 somit eine Fallstrecke 9 für die kugelförmigen Tropfen zur Verfügung stellt,  
 die sich im wesentlichen aus der Höhe des Fallturmes 4 und einer Falldistanz  
 20 im Kopfbereich 20 in der Ausführungsform nach Figur 1 zusammensetzt. Im  
 Fußbereich 22 des Fallturms 4 befindet sich ein Abfüllbereich 23, in dem durch  
 einen Auffangtrichter die an der Oberfläche beim Durchlaufen der Fallstrecke  
 9 kristallisierten kugelförmigen Tropfen aufgefangen werden und im  
 Abfüllbereich portioniert oder zur Weiterverarbeitung weitergeleitet werden  
 25 können.

Im Fußbereich 22 des Fallturms 4 ist eine Eintrittsöffnung 11 für ein  
 gasförmiges Medium angeordnet, das über eine Ringöffnung 24 zwischen  
 Fallturmende 25 und Auffangtrichter 10 angeordnet ist und die vom Gebläse 6  
 30 über den Wärmetauscher 5 und die Rückführleitung 7 der Eintrittsöffnung  
 zugeführt wird. Die Ringöffnung 24 am Fallturmende 25 sorgt für einen

gleichförmigen Gegenstrom des gasförmigen Mediums vom Fußbereich 22 des Fallturms 4 zu Austrittsöffnungen 12 für das gasförmige Medium im Kopfbereich 20 der Vorrichtung. Eine Rückführleitung 7 zu der Eintrittsöffnung 11 ist den Austrittsöffnungen 12 nachgeschaltet, so daß das gasförmige Medium im Kreis geführt werden kann.

Das gasförmige Medium ist in seiner Zusammensetzung dem Material des vertropften Vorproduktes angepaßt und kann je nach der Empfindlichkeit gegenüber Sauerstoff Luft, sauerstoffarme Luft, im wesentlichen Stickstoff oder ein Inertgas sein, das entgegen der Fallrichtung der Tropfen im Fallturm mit einer Geschwindigkeit zwischen 0,3 bis 1 m/s aufsteigt. In einem Ausführungsbeispiel ist die Strömungsgeschwindigkeit des gasförmigen Mediums 0,6 m/s. Das gasförmige Medium wird in dieser Anlage mit Hilfe des Wärmetauschers 5 je nach Bedarf auf eine konstante Temperatur vorgeheizt, die im Fußbereich 22 des Fallturms 4 mit einem Sensor 18 für die Einlauftemperatur des gasförmigen Mediums erfaßt wird. Der erfaßte Wert wird einem Steuergerät 13 zugeführt, das ein Fluid für den Wärmetauscher in einer Heiz- und Kühleinrichtung auf einer vorgegebenen Temperatur hält, die über einen Temperatursensor 17 für das Wärmetauscherfluid überwacht wird, so daß das Steuergerät 13 die Temperatur des Wärmetauscherfluids mit Hilfe der Heiz- und Kühleinrichtung 16 regeln kann. Das Steuergerät 13 kann weiterhin über den Anschlußpunkt A auf den Schwingungsgenerator 14 einwirken und die Schwingfrequenz, die im Bereich von 30 Hz bis 1 kHz einstellbar ist, verändern. Ferner kann das Steuergerät 13 über den Anschlußpunkt B auf die Schmelzeinrichtung 15 einwirken, indem einerseits die Viskosität der Schmelze durch die Schmelztemperatur der Schmelzeinrichtung 15 gesteuert wird und andererseits der Massenstrom über eine entsprechende Druckversorgung in der Schmelzeinrichtung 15 beeinflußt werden kann.

Mit der Steuerung des Druckes und der Temperatur der Schmelze kann gleichzeitig der Durchmesser der Tropfen verändert werden, der optimal zu etwa 80 Gew.-% dem doppelten Durchmesser der Düsenöffnungen 8 entspricht und nur zu 3 % unter dem Durchmesser der Düsenöffnung 8 liegt und weniger als 10 Gew.-% dem Dreifachen Durchmesser der Düsenöffnung 8 entspricht. Eine optimale Durchmessergröße hat sich für 1,5 mm sowohl für die Erzeugung von vorkristallisierten, d.h. an der Oberflächen kristallisierten Tropfen des Vorproduktes, als auch für die Weiterverarbeitung des Vorproduktes zu langkettigen Polyestern und Copolyestern als optimal erwiesen.

Das Steuergerät 13 ist in dieser Ausführungsform mikroprozessorgesteuert und ist geeignet, sowohl die Einlaßtemperatur des gasförmigen Mediums zu regeln, als auch den Durchsatz des gasförmigen Mediums sowie den Durchsatz des vertropften Vorproduktes eines Polyesters und/oder Copolyesters zu steuern. Dabei wird gewährleistet, daß auf der Fallstrecke 9 die aus dem Düsenkopf austretenden Schmelztropfen der auf einer Temperatur von 240 bis 290 °C aufgeheizten Schmelze auf eine Erstarrungstemperatur um 200 °C im Kopfbereich 20 der Vorrichtung abgekühlt werden und durch den temperierten gasförmigen Gegenstrom für eine Zeitspanne von 2,5 bis 3,5 s auf einer Temperatur über 100 °C gehalten werden, so daß sich an der Oberfläche der Tropfen beim Erstarren Keimkristalle bilden, die sich zu einer oberflächennahen Kristallisationsschicht verdichten, bis die Tropfen mit einer Temperatur unter 100 °C im Fußbereich 22 des Fallturms durch den Auffangtrichter 10 aufgefangen und abgeführt werden. Zur Verbesserung der Energiebilanz der Vorrichtung ist der Fallturm 4 sowie der Fußbereich des Fallturms 4 wärmeisolierend ausgeführt und das gasförmige Medium wird in einem Kreisprozeß zur teilweisen Rückgewinnung der Schmelzwärme geführt.



## Patentansprüche

- 5 1. Verfahren zur Vertropfung von Vorprodukten thermoplastischer Polyester oder Copolyester als schmelzflüssiges Monomer, Oligomer, Monomer-Glycol-Gemisch oder nach einer teilweisen Polykondensation und Erschmelzung zu einem schmelzflüssigen Vorprodukt, wobei das vertropfte Vorprodukt in ein gasförmiges Medium eingebracht wird,

10 dadurch gekennzeichnet, daß

das gasförmige Medium nach dem Eintritt des vertropften Vorprodukts in das gasförmige Medium den Kristallisationsvorgang des Vorproduktes beschleunigt und den Kristallisationszustand des Vorproduktes beschleunigt herbeiführt, indem das gasförmige Medium das vertropfte Vorprodukt auf einer Temperatur über 100 °C und unter seinem Schmelzpunkt für einen begrenzten Zeitraum hält, bis eine Kristallisation des Tropfens an der Oberfläche des Vorprodukts abgeschlossen ist.

15 20

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als gasförmiges Medium Luft eingesetzt wird.

- 25 3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als gasförmiges Medium eine sauerstoffarme Atmosphäre eingesetzt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als gasförmiges Medium ein Inertgas eingesetzt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** als gasförmiges Medium im wesentlichen Stickstoff eingesetzt wird.
- 5 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** das gasförmige Medium im Gegenstrom zu einer Fallstrecke des vertropften Vorproduktes geführt wird.
- 10 7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** das gasförmige Medium in die Fallstrecke des vertropften Vorproduktes temperiert am untersten Niveau der Fallstrecke eingeführt wird.
- 15 8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Temperierung des gasförmigen Mediums mittels Wärmetauscher erfolgt und das gasförmige Medium in einem Kreisprozeß geführt wird.
- 20 9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Vorprodukt schmelzflüssig durch Schwingungsanregung vertropft wird.
- 25 10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Vorprodukt mit einer intrinsischen Viskosität im Bereich zwischen 0,05 bis 0,3 dl/g vertropft wird.
- 30 11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Vorprodukt zu Tropfen von einem Durchmesser von 0,3 bis 3 mm vertropft wird.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Vorprodukt zu Tropfen vertropft wird, deren Durchmesser zu mehr als 80 Gew.-% im Bereich des doppelten Düsendurchmessers liegt und ein Durchmesser unterhalb des

Düsendurchmessers zu weniger als 3 Gew.-% und ein Durchmesser größer als dem Dreifachen des Düsendurchmessers zu weniger als 10 Gew.-% des vertropften Vorproduktes auftritt.

- 5 13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** beim Vertropfen ein Staubpartikelanteil kleiner als 1 Gew.-% des vertropften Vorproduktes auftritt.
- 10 14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** ein niedrigviskoses Vorprodukt mit einer intrinsischen Viskosität kleiner 0,15 in einer Umgebung mit feinen Polyesterpartikeln vertropft wird, so daß ein Beschichten der Tropfen an der Oberfläche mit Polyesterpartikeln erfolgt, die die Kristallisation fördert und ein Verkleben der erstarrten Tropfen verhindert.
- 15 15. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei die Vorrichtung aufweist:  
einen Düsenkopf (1), der durch Schwingungsanregung der Schmelze  
20 (2) tropfenförmige Pellets (3) aus dem Vorprodukt bildet,  
einen Fallturm (4), in dem das vertropfte Vorprodukt im Gegenstrom eines gasförmigen Medium temperierbar ist,  
einen Wärmetauscher (5), der im Bodenbereich des Fallturms (4) angeordnet ist und das gasförmige Medium aufheizt oder kühlt, um es auf gleichmäßig hohe Einströmtemperatur zu regeln,  
25 ein Gebläse (6), das das gasförmige Medium in dem Fallturm (4) auf eine gegebene Strömungsgeschwindigkeit beschleunigt, und  
eine Rückführleitung (7), die das gasförmige Medium nach Verlassen des Fallturms (4) dem Wärmetauscher (5) zuführt.
- 30 16. Vorrichtung nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Düsenkopf (1) Düsenöffnungen (8) aufweist, die vertikal ausgerichtet

11070501  
f9

sind und eine Vertropfung in vertikaler Richtung mittels Schwingungsanregung der Schmelze (2) sichern.

- 5 17. Vorrichtung nach Anspruch 15 oder Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Wärmetauscher (5) die Temperatur des gasförmigen Mediums auf eine Einführtemperatur von größer gleich 30 °C und kleiner gleich 20 °C, vorzugsweise größer gleich 40 °C und kleiner gleich 100 °C regelt.
- 10 18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Gebläse (6) auf eine Strömungsgeschwindigkeit von 0,3 bis 1 m/s des gasförmigen Mediums im Fallturm (4) einstellbar ist.
- 15 19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Fallturm (4) eine Fallstrecke (9) von 10 bis 20 m, vorzugsweise 12 bis 15 m für das vertropfte Vorprodukt aufweist.

4 07 05 01

20

### Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur  
5 schmelzflüssigen Vertropfung von Vorprodukten thermoplastischer Polyester  
oder Copolyester als schmelzflüssiges Monomer, Oligomer, Monomer-Glycol-  
Gemisch oder nach einer teilweisen Polykondensator und Erschmelzung zu  
einem schmelzflüssigen Vorprodukt, wobei das vertropfte Vorprodukt in ein  
10 gasförmiges Medium eingebracht wird und das gasförmige Medium nach dem  
Eintritt des vertropften Vorproduktes in das gasförmige Medium den  
Kristallisationsvorgang beschleunigt, indem es das vertropfte Vorprodukt auf  
einer Temperatur über 100 °C und unter seinem Schmelzpunkt für einen  
begrenzten Zeitraum hält, bis eine Kristallisation der Tropfen an der  
15 Oberfläche des Vorprodukts abgeschlossen ist. Dazu weist die Vorrichtung  
einen Fallturm auf, der von dem gasförmigen Medium im Gegenstrom von  
unten nach oben durchströmt wird, während die Tropfen in vertikaler Richtung  
von oben nach unten in einen Auffangtrichter mit vorkristallisierter Oberfläche  
fallen.

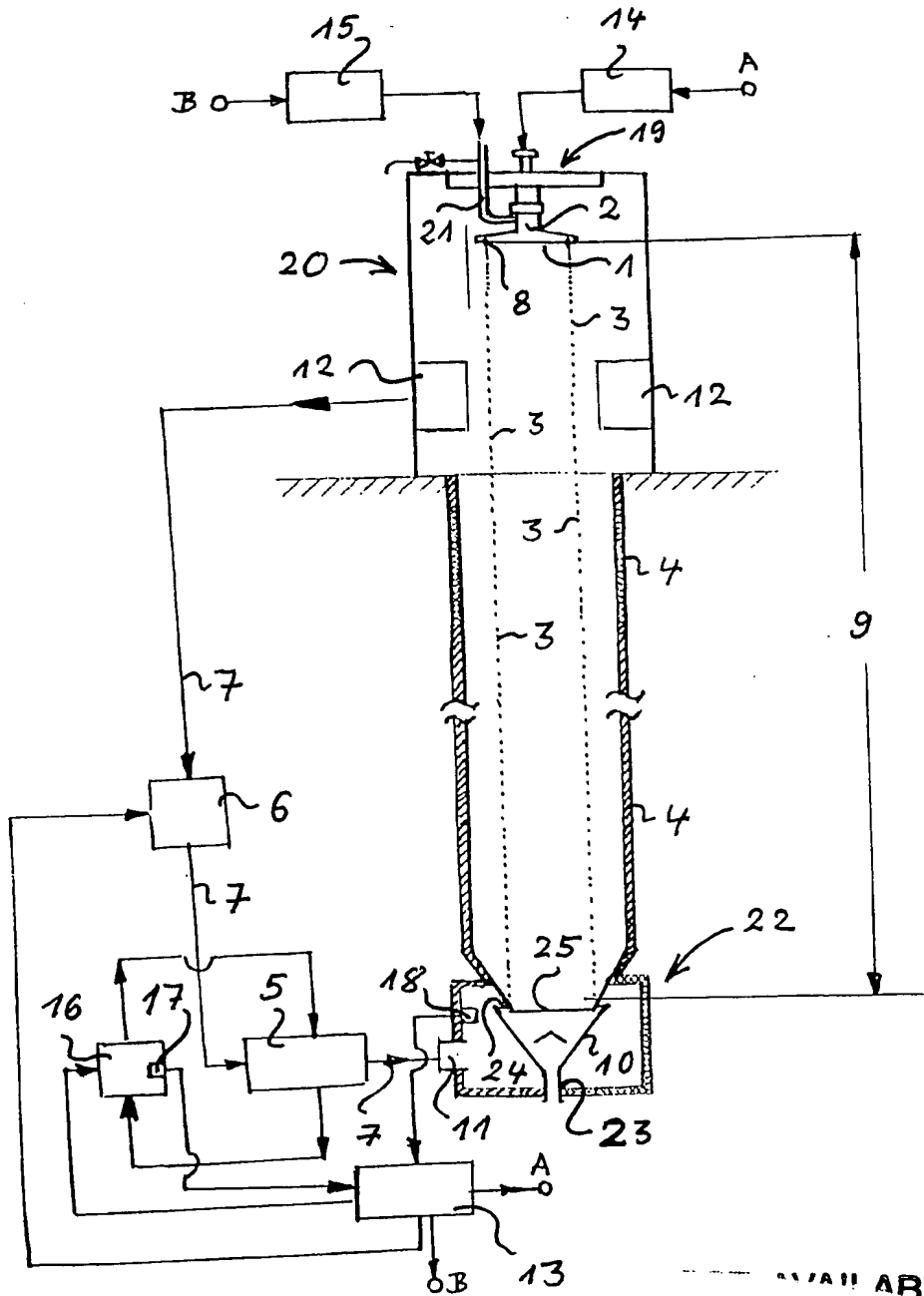
R 33636

# Bezugszeichenliste

5	1	Düsenkopf
	2	Schmelze
	3	Pellets
	4	Fallturm
	5	Wärmetauscher
10	6	Gebälse
	7	Rückföhrleitung
	8	Düsenöföfnung
	9	Fallstrecke
	10	Auffangtrichter
15	11	Eintrittsöföfnung für gasförmiges Medium
	12	Austrittsöföfnung für gasförmiges Medium
	13	Steuergerät
	14	Schwingungsgenerator
	15	Schmelzeinrichtung
20	16	Heiz- und Kühleinrichtung
	17	Temperatursensor für Wärmetauscherfluid
	18	Temperatursensor für Einlaufemperatur des gasförmigen Mediums
	19	Vertropfungseinheit
25	20	Kopfbereich
	21	Schmelzleitung
	22	Fußbereich
	23	Abfüllbereich
	24	Ringöföfnung
30	25	Fallturmende

11A  
H07.05.01

Fig. 1



AVAILABLE COPY

BEST AVAILABLE COPY

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**